Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 4, Sep.-Oct. 2023, p. 519-530

Estimation of Water Requirement of Different Phenological Stages of Green Cumin Plant in Different Regions of Isfahan Province

A.H. Jalali [1]*, H. Salemi [2]

Received: 09-04-2023
Revised: 15-08-2023
Accepted: 16-08-2023
Available Online: 19-08-2023

How to cite this article:
Jalali, A.H., & Salemi, H. (2023). Estimation of water requirement of different phenological stages of green cumin plant in different regions of Isfahan province. *Journal of Water and Soil*, *37*(4), 519-530. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.2023.81881.1269

Introduction

Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is an annual and herbaceous plant, with a vertical, round, narrow and branched stem, with a height of approximately 30-60 cm. This plant belongs to the Apiaceae family. This family is known for having plants with aromatic taste. Iran and some countries along the Mediterranean Sea are known as the primary origin for the cumin plant. In addition to Iran, cumin is cultivated in many countries such as Uzbekistan, Tajikistan, Turkey, Morocco, India, Syria, Mexico and Chile. About 300,000 tons of cumin seeds are produced in the world annually, of which China and Asian countries produce 70% and consume 90%. Short growing season (100 to 120 days), low water requirement and the possibility of rained cultivation, non-interference between cultivation and harvesting with other crops and no price fluctuation and proper economic justification are among the factors that interest farmers in cultivating this plant. In different regions, yields of 350 to more than 1000 kg of seeds are obtained from this plant, and 3350 cubic meters of pure water are needed for production.

Materials and Methods

This research was conducted in 2015 to 2017. The first year of the study included the collection and analysis of long-term climatic data of the region, and the second year included the implementation phase of the research. Analyzing meteorological data on the scale of decades and the cases of temperature, precipitation, wind speed, sunshine hours, relative humidity and evaporation from the pan were considered as criteria and by preparing the gradient equations, the rate of reference evaporation and transpiration was calculated. The required statistical information was obtained from 28 synoptic meteorological and climatology stations in Isfahan and some neighboring provinces. In the studies related to soil, apparent specific gravity and volumetric moisture content (field capacity and wilting point), soil salinity, soil texture and agricultural ability class of land in cultivation areas were considered. Soil-related information was used to calculate the soil evaporation coefficient (Ke), which describes the evaporation component in the trait (ETc). In fact, Ke is the basis for calculating the coefficient of reduction of evaporation from the surface layer (Kr) and the fraction of soil wet and exposed to air (few), and for its calculation, the presence of information related to soil characteristics is necessary. To calculate the soil characteristics, in addition to sampling from the fields in the research, the database of 1600 soil profiles in the soil and water research department of Isfahan province was also used.

Results and Discussion

1- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
(*- Correspounding Author Email: Jalali51@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2023.81881.1269

The results showed that 18 cities in Isfahan province had cumin cultivation potential, which had a significant difference in terms of pure water requirement per hectare (5% level) and water consumption at different phenological stages (1% statistical level). In terms of water requirement per hectare, the cities of Isfahan province can be divided into three groups. Average water requirement per hectare in the first group (the cities of Golpayegan, Lenjan, Tiran and Karvan, Shahin and Shahr and Mime), the second group (the cities of Isfahan, Khomeini Shahr, Falavarjan, Shahreza, Kashan, Najaf Abad, Natanz), Mobarake, Dehaghan and Borkhar), and the third group (Aran and Bidgol, Ardestan, Khoor and Biabanak and Nain) were equal to 3000, 3240 and 3770 m^{-3} ha^{-1}, respectively. The water requirement of the growth development stage in the cities of the third group was equal to 2029 m^{-3} ha^{-1}, which was significantly different from the cities of the first and second groups ($p < 1\%$ level). According to the results, cumin might be a suitable plant for crop rotations in Isfahan province due to its low water requirement and tolerance to moisture stress.

Conclusion

The water requirement for cultivating cumin in various regions of the province is notably lower compared to many common crops, such as wheat, barley, and safflower. In 10 out of the 18 cities included in the study, significant water savings of up to 3,240 cubic meters per hectare can be achieved by optimizing water transfer efficiency. For cumin cultivation, this water conservation can even reach 3,000 cubic meters in cities with cooler climates. Surprisingly, in the hot areas of Isfahan province, including Ardestan, Nain, Khoor, Biabanak, Aran, and Bidgol, it is feasible to grow cumin with a water consumption of just 3,770 cubic meters per hectare.

Keywords: Climate, Development stage of growth, Evapotranspiration, Green cumin

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۴، مهر-آبان ۱۴۰۲، ص. ۵۳۰-۵۱۹

برآورد نیاز آبی مراحل مختلف فنولوژیک گیاه زیره سبز در مناطق مختلف استان اصفهان

امیرهوشنگ جلالی[۱*] - حمیدرضا سالمی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور برآورد نیاز آبی زیره سبز در مراحل مختلف رشد در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان طی دو سال انجام شد. در سال اول جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های اقلیمی درازمدت انجام و در سال دوم با انتخاب مزارع موردنظر در هر شهرستان و با استفاده از طرح کاملاً تصادفی نیاز آبی زیره محاسبه گردید. نتایج نشان داد ۱۸ شهرستان در استان اصفهان دارای پتانسیل کشت زیره هستند که ازنظر نیاز آبی در هر هکتار (در سطح ۵ درصد) و آب مصرفی در مراحل مختلف فنولوژیک (در سطح آماری ۱ درصد) دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند. ازنظر نیاز آبی در هر هکتار شهرستان‌های استان اصفهان را می‌توان به سه گروه تقسیم نمود. نیاز آبی متوسط در هر هکتار به‌ترتیب در گروه اول (شهرستان‌های گلپایگان، لنجان، تیران و کرون و شاهین و شهر و میمه)، گروه دوم (شهرستان‌های اصفهان، خمینی‌شهر، فلاورجان، شهرضا، کاشان، نجف‌آباد، نطنز، مبارکه، دهاقان و برخوار) و گروه سوم (آران و بیدگل، اردستان، خور و بیابانک و نائین) برابر ۳۰۰۰، ۳۲۴۰ و ۳۷۷۰ متر مکعب در هکتار است. نیاز آبی مرحله توسعه رشد در شهرستان‌های گروه سوم برابر ۲۰۲۹ متر مکعب در هکتار بود که نسبت به شهرستان‌های گروه اول و دوم تفاوت معنی‌دار داشت (در سطح ۱ درصد). بیشترین نیاز آبی محصول زیره مربوط به مرحله توسعه رشد (۱۰ درصد پوشش تا پوشش کامل زمین) بود. در این مرحله حداقل نیاز آبی محصول زیره در شهرستان‌های گلپایگان (۱۵۷۷/۸ متر مکعب در هکتار)، لنجان (۱۶۰۲/۹ متر مکعب در هکتار) تیران و کرون (۱۵۹۰/۸ متر مکعب در هکتار) و شاهین و شهر و میمه (۱۶۳۴/۹ متر مکعب در هکتار) مشاهده شد. با توجه به نتایج زیره به جهت نیاز آبی کم و تحمل به تنش رطوبتی می‌تواند گیاهی مناسب جهت تناوب‌های زراعی استان اصفهان باشد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، تبخیر و تعرق، زیره سبز، مرحله توسعه رشد

مقدمه

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گیاهی یک‌ساله و علفی، دارای ساقه‌ای عمودی، گرد، باریک ومنشعب، با ارتفاع تقریباً ۶۰-۳۰ سانتی‌متر و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) است. خانواده چتریان به داشتن گیاهانی با طعم معطر معروف هستند (Singh *et al.*, 2017). این گیاه دگرگشن در چین، کشورهای عربی، اتیوپی و انگلیسی به ترتیب با نام‌های کیمیون، الکامون، کمون و کومین شناخته می‌شود. ایران و برخی از کشورهای حاشیه دریای مدیترانه به‌عنوان منشأ اولیه برای گیاه زیره شناخته‌شده‌اند. به هر صورت در حال حاضر علاوه بر ایران کشت زیره در بسیاری از کشورها مثل ازبکستان، تاجیکستان، ترکیه، مراکش، هند، سوریه، مکزیک و شیلی انجام می‌شود. سالیانه حدود ۳۰۰ هزار تن دانه زیره در جهان تولید می‌شود که چین و کشورهای آسیایی ۷۰ درصد از آن را تولید و ۹۰ درصد آن را مصرف می‌کنند (Rajput *et al.*, 2021). خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضدالتهاب، ضد دیابت، ضد آسم، ضد سرفه

۱- استادیار پژوهش در بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Jalali51@yahoo.com)
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
DOI: 10.22067/jsw.2023.81881.1269

و ویژگی‌های تنظیم سامانه ایمنی بدن به ترکیبات مختلف موجود در زیره سبز نسبت داده‌شده است (Johri, 2011).

زیره سبز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی اهلی‌شده در ایران مطرح بوده و غالباً در استان‌های خراسان، آذربایجان شرقی، مرکزی و ترکمن‌صحرا کشت می‌شود. در برخی از سال‌ها سطح زیر کشت زیره در خراسان به بیش از ۴۰ هزار هکتار بالغ می‌شود. فصل رشد کوتاه (۱۰۰ تا ۱۲۰ روز)، نیاز آبی کم ، امکان کشت دیم، عدم تداخل کشت و برداشت با سایر محصولات زراعی و نداشتن نوسان قیمت از عوامل علاقه‌مندی کشاورزان به کشت این گیاه امحسوب می‌شود. در مناطق مختلف عملکردهای ۳۵۰ تا بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم دانه از این گیاه به دست می‌آید و برای تولید به ۳۳۵۰ مترمکعب آب خالص نیاز دارد (Dehaghi and Mollafilabi, 2009). مطالعات قبلی نشان می‌دهد با پذیرش کاهش ۴۰ درصدی عملکرد دانه، می‌توان توده‌های زیره اصفهان، خور و نیشابور را با ۷۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر آب کشت نمود (Alinian and Razmjoo, 2014). در منطقه خرم‌آباد استان لرستان نیاز تبخیر و تعرق گیاه زیره برای تولید ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ۴۱۴/۴ میلی‌متر در هکتار محاسبه شده است (Saeedinia *et al*., 2018).

ایران سومین تولیدکننده زیره در جهان است و تا شعاع ۴ هزار کیلومتری قابلیت پوشش و صادرات زیره در ۴۰ الی ۵۰ کشور را دارد (Trend Economy, 2021). امکان صادرات، تطابق اقلیمی و تحمل تنش‌های محیطی مختلف و به‌ویژه کم‌آبی، گیاه زیره را به محصولی منحصربه‌فرد برای استفاده در اصلاح الگوی کشت تبدیل کرده است. برای انجام این مهم برآورد صحیح از نیاز آبی مراحل مختلف فنولوژی این گیاه امری ضروری است. استان اصفهان یکی از مناطق مستعد برای کشت زیره محسوب می‌شود و کشاورزان علاقه‌مندی زیادی را جهت توسعه کشت این گیاه نشان می‌دهند. علیرغم اهمیت اقتصادی این گیاه متأسفانه اطلاعات اندکی در مورد نیاز آبی آن در مراحل مختلف رشد وجود دارد. در پژوهش حاضر سعی شده بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی ACZ (Agro-Climatically Zoning) و مراحل فنولوژیک استاندارد ارائه‌شده توسط سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) نیاز آبی گیاه زیره برای مناطق مختلف استان اصفهان ارائه شود.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه و داده‌های هواشناسی

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ انجام شد. سال اول پژوهش شامل جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های اقلیمی درازمدت منطقه و سال دوم مرحله اجرایی پژوهش را شامل گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌های هواشناسی در مقیاس دهه‌ای انجام و موارد دما، بارش، سرعت باد، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی و تبخیر از تشتک از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۳ به‌عنوان معیار منظور گردید و با تهیه معادلات گرادیان، میزان تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شد. اطلاعات آماری مورد نیاز از ۲۸ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک و کلیماتولوژی موجود در استان اصفهان و برخی از استان‌های هم‌جوار کسب شد. با توجه به اینکه تاریخ کشت زیره در استان اصفهان اواخر آذرماه است و در طول زمستان تا بهار به تدریج استقرار می یابد، عملا در اکثر نقاط استان (بجز نواحی غربی و کشت انتظاری حبوبات) محصول رقیبی در تناوب های زراعی ندارد.

در مطالعات مرتبط با خاک وزن مخصوص ظاهری و رطوبت‌های حجمی (ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی)، شوری خاک، بافت خاک و کلاس قابلیت کشاورزی اراضی در مناطق کشت مدنظر قرار داده شدند. از اطلاعات مرتبط با خاک در محاسبه ضریب تبخیر از خاک (Ke) استفاده شد که توصیف‌کننده جزء تبخیر در صفت (ETc) است.

جدول ۱- برخی از ویژگی های خاک در سه شهرستان واقع در محدوده مطالعاتی

Table 1- Some soil characteristics in three cities located in the study area

نام شهرستان City name	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	رطوبت در نقطه پژمردگی دائم ρm (PWP) (%)	رطوبت در حد ظرفیت مزرعه ρm (FC) (%)	آب در دسترس AW (%)
فلاورجان Falavarjan	47.6	32.4	20.0	11.45	24.70	10.48
نطنز Natanz	18.0	42.0	40.0	11.54	19.75	8.21
گلپایگان Golpayegan	27.6	40.4	32.0	12.66	20.32	7.67

در حقیقت Ke مبنای محاسبه ضریب کاهش تبخیر از لایه سطحی (Kr) و کسر خاک خیس شده و در معرض هوا قرارگرفته (few) بوده و برای محاسبه آن وجود اطلاعات مرتبط با ویژگی‌های خاک ضروری است. برای محاسبه ویژگی‌های خاک علاوه بر نمونه‌گیری از مزارع موجود در پژوهش، از بانک اطلاعاتی ۱۶۰۰ پروفیل خاک موجود در بخش تحقیقات خاک و آب استان اصفهان نیز استفاده شد. نمونه ای از ویژگی های خاک در برخی از شهرستان ها در جدول ۱ ارائه شده است.

اندازه‌گیری تبخیر و تعرق و نیاز آبی

با استفاده از پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایران با استفاده از روش یونسکو بر مبنای سه معیار اصلی طبقه‌بندی یعنی رژیم رطوبتی، تیپ زمستان و تابستان، ۲۸ پهنه اقلیمی در ایران قابل‌تشخیص می‌باشد که از این تعداد شش ناحیه بیش از ۹۰ درصد کشور را شامل می‌شود (Ghaffari *et al.*, 2015). بر این اساس در استان اصفهان ۱۸ شهرستان واقع در ناحیه اقلیمی A-C-W پتانسیل کشت زیره را دارند (جدول ۲). تبخیر تعرق گیاه تحت تأثیر شرایط آب و هوایی و مراحل رشد گیاه بوده و نشان‌دهنده میزان آب مورد نیاز یک گیاه سالم در یک مزرعه‌ی بدون محدودیت آب است که از رابطه زیر محاسبه شد:

$$ET\ crop=\sum Kci\times Etoi \qquad (۱)$$

در فرمول فوق Kci ضریب گیاهی و ETOi میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع است. تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش پنمن – مانتیث– فائو محاسبه شد (Allen *et al.*, 2005). در حقیقت در این پژوهش آب موردنیاز گیاه با مبانی تئوریک و بر اساس روش فائو محاسبه شده و برای این محاسبه نیاز به اندازه گیری تبخیر و تعرق محصول و ضرایب گیاهی بوده است. با توجه با اینکه در نشریه فائو ۵۶ ضرایب گیاهی برای اقلیم نیمه مرطوب با باد ملایم ارائه شده است در این مطالعه با استفاده از دو پارامتر حداقل رطوبت نسبی و سرعت باد (در ارتفاع ۲ متری) ضرایب گیاهی پایه بزگ تر و مساوی ۰/۴۵ بر اساس فرمول زیر اصلاح شد:

$$K_{cb}=K_{cb\ (FAO)}+\{0.04(u_2-2)-0.004(RH_{min}-45\}(h/3)^{0.3} \qquad (۲)$$

در این فرمول:

$K_{cb\ (FAO)}$: ضرایب گیاهی پایه (مرحله میانی و پایانی) استخراج شده از نشریه فائو ۵۶

u_2: میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری بالای چمن (بر حسب متر بر ثانیه)

RH_{min}: میانگین روزانه حداقل زطوبت نسبی (مرحله میانی و پایانی) (بر حسب درصد.

h: میانگین ارتفاع گیاه در مرحله میانی و پایانی بر حسب سانتی متر.

تعیین مراحل فنولوژی رشد گیاه زیره

مراحل رشد گیاه در نظر گرفته‌شده در این پژوهش عبارت بودند از مرحله ابتدایی که از تاریخ کشت شروع و تا نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰ درصد ادامه می‌یابد، مرحله توسعه از زمان پوشش گیاهی ۱۰ درصد شروع و تا پوشش مؤثر کامل به طول می انجامد، مرحله میانی از زمان برقراری پوشش کامل مؤثر شروع و تا رسیدن محصول ادامه خواهد یافت و مرحله پایانی از زمان رسیدن محصول تا پلاسیدگی کامل گیاه طول می‌کشد (شکل ۱). این مراحل بر اساس نشریه ۵۶ آبیاری و زهکشی فائو در نظر گرفته شدند (Allen *et al.*, 1998).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای تجزیه داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی استفاده و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵ درصد) مقایسه شدند. برای اندازه‌گیری‌های لازم جهت تعیین آب مصرفی کل و آب مورد نیاز در هر مرحله رشد در هر شهرستان ۳ مزرعه به‌عنوان شاخص انتخاب شد. با توجه به این‌که مرحله پایانی رشد نیاز آبی بسیار اندکی دارد و کشاورزان در این مرحله آبیاری انجام نمی‌دهند، نیاز آبی برای سه مرحله ابتدایی، توسعه و میانی اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ۱۸ شهرستانی که در اقلیمA-C-W پتانسیل کشت زیره سبز را دارند بیانگر تفاوت معنی‌دار مقادیر نیاز آبی در هر هکتار (در سطح ۵ درصد) و آب مصرفی در مراحل مختلف فنولوژیک (در سطح آماری ۱ درصد) بود (جدول ۳). بر این اساس مقایسه میانگین‌ها برای صفات نیاز آبی و آب مصرفی در مراحل مختلف فنولوژیک در هر اقلیم انجام شد.

نیاز آبی زیره در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود بین شهرستان‌های مختلف استان اصفهان ازنظر نیاز آبی زیره تفاوت معنی‌دار وجود دارد (دانکن ۱ درصد). شهرستان‌های گلپایگان، لنجان، تیران و کرون و شاهین و شهر و میمه به ترتیب با نیاز آبی ۲۹۳۵، ۳۰۱۵ ، ۳۰۱۱ و ۳۰۶۹ متر مکعب کم‌ترین و شهرستان‌های آران و بیدگل و خور و بیابانک به ترتیب با نیاز آبی ۴۰۰۱ و ۳۷۶۷ متر مکعب بیش‌ترین نیاز آبی را به خود اختصاص دادند. بعد از آران و بیدگل و خور و بیابانک، شهرستان‌های نائین و اردستان با نیاز آبی ۳۶۴۲ و ۳۶۷۴ متر مکعب

جزو شهرستان‌های با نیاز آبی بالا گروه‌بندی شدند. مابقی شهرستان‌های موردمطالعه به‌طور متوسط نیاز آبی معادل ۳۲۰۰ متر مکعب داشتند (شکل ۱). مطالعات قبلی نشان می‌دهد با پذیرش کاهش ۴۰ درصدی عملکرد دانه، می‌توان توده‌های زیره اصفهان، خور و نیشابور را با ۷۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر آب کشت نمود (Alinian and Razmjoo, 2014). در منطقه خرم‌آباد استان لرستان نیاز تبخیر و تعرق گیاه زیره برای تولید ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ۴۱۴/۴ میلی‌متر در هکتار محاسبه شد (Saeedinia *et al*., 2018).

به‌هرحال پژوهش‌های دیگر نیاز آبی زیره (بدون افت عملکرد) را ۳۳۵ میلی‌متر عنوان نموده‌اند (Dehaghi and Mollafilabi, 2009). به هر صورت با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و کمبود منابع آب، مقدار ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر مکعب نیاز آبی می‌تواند شرایط مناسبی برای ورود محصول زیره در تناوب‌های زراعی مناطق معتدل استان اصفهان باشد. در اکثر این مناطق می‌توان این محصول را در اواخر آذر به‌صورت انتظاری کشت نمود.

جدول ۲- ویژگی‌های اقلیمی در شهرستان‌های واقع در اقلیم A-C-W مناسب کشت زیره در استان اصفهان

Table 2- Climatic characteristics in cities located in A-C-W climate suitable for cumin cultivation in Isfahan province

ویژگی‌های اقلیم Climatic characteristics	شهرها Cities	اقلیم Climate
ازنظر رطوبتی خشک، زمستان سرد، تابستان گرم ، دمای زمستان ۱۰-۰ و دمای تابستان ۲۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد Dry humidity, cool winter, warm summer, winter temperature is 0-10 °C, summer temperature is 20-30 °C	اردستان، اصفهان، خمینی‌شهر، فلاورجان، شهرضا، کاشان، گلپایگان، لنجان، نائین، نجف‌آباد، نطنز، شاهین‌شهر و میمه، مبارکه، آران و بیدگل، تیران و کرون، دهاقان، برخوار و خور و بیابانک Ardestan, Isfahan, Khomeini Shahr, Falavarjan, Shahreza, Kashan, Golpayegan, Lenjan, Naein, Najaf Abad, Natanz, Shahin Shahr and Meyme, Mobarake, Aran and Bidgol, Tiran and Karvan, Dehaghan, Borkhar, and Khoor and Biabanak	خشک - زمستان سرد و تابستان گرم Dry - cold winter and hot summer A-C-W

مرحله ابتدایی (Initial stage) — مرحله توسعه (Development stage)

مرحله میانی (Mid stage) — مرحله پایانی (End stage)

شکل ۱- مراحل فنولوژیک رشد گیاه زیره

Figure 1- Phenological stages of cumin plant growth

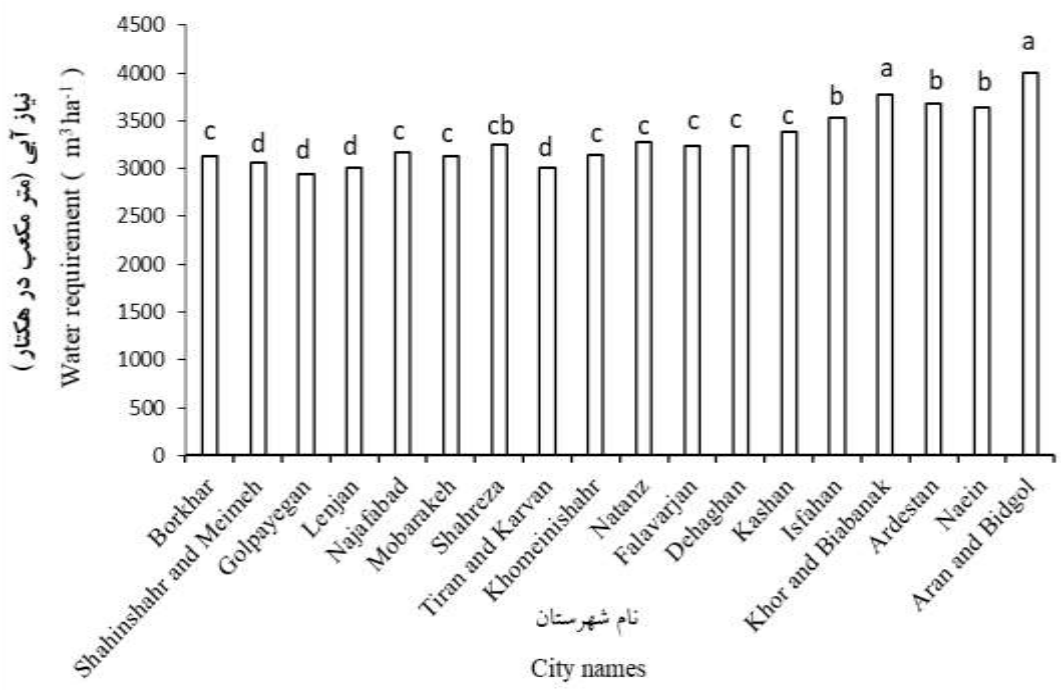
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات نیاز آبی و آب مورد نیاز در مراحل مختلف فنولوژیک

Table 3- Analysis of varianceof water consumption and water requirement in different phonological stages

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	
		نیاز آبی Water consumption	آب مورد نیاز در مراحل فنولوژیک Water required at the phonological stages
شهرستان در ناحیه اقلیمی City in the climatic zone	17	878.02*	321.19**
خطا Error	36	589.24	42.11
ضریب تغییرات (C.V.)		12.89	14.48

** و *: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

**& *: Significant at 1 and 5 % probability level



شکل ۲- مقایسه نیاز آبی گیاه زیره در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

حروف مشترک ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۵ درصد).

Figure 2- Comparison of the water consumption of cumin plant in different cities of Isfahan province

Similar letters are not statistically different (Duncan 5%)

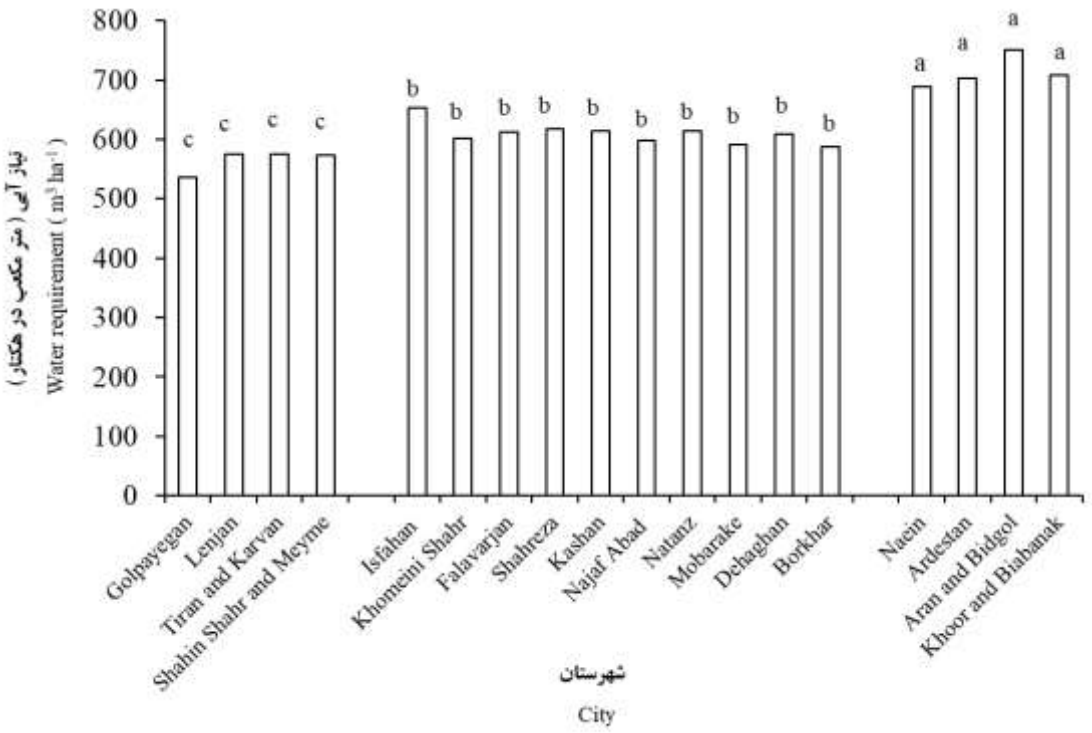
در این حالت، به دلیل سردی هوا زیره سبز نمی‌شود و عملاً در اواخر بهمن و اوایل اسفند هم‌زمان با بارش‌های طبیعی چرخه زندگی خود را آغاز می‌کند. تقریباً در تمام شهرستان‌های موردمطالعه (به‌عنوان‌مثال شهرستان اصفهان) بارش مناسبی در اواخر زمستان وجود دارد که این امر موجب استفاده از منابع آب خدادادی موجود می گردد. علاوه بر این تراکم کاری کشاورزان در این زمان در حداقل مقدار خود قرار دارد.

نیاز آبی مراحل مختلف فنولوژیک زیره در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

مرحله ابتدایی رشد گیاه، نخستین مرحله از چرخه فنولوژیک رشد محسوب می‌شود. در میان ۱۸ شهرستان موردمطالعه از ۵۳۶/۲ متر مکعب در شهرستان گلپایگان تا ۷۵۰/۸ متر مکعب در شهرستان آران و بیدگل متفاوت بود (شکل ۳). از این نظر شهرستان‌های لنجان، تیران و کرون و شاهین‌شهر و میمه وضعیت مشابهی با شهرستان گلپایگان دارند و شهرستان‌های نائین، اردستان و خور و بیابانک نیز

تفاوت معنی‌داری با شهرستان آران و بیدگل نداشتند. مابقی شهرستان‌ها (به‌جز شهرستان اصفهان) وضعیت بینابینی داشته و دامنه تغییرات نیاز آبی در آن‌ها محدود و از ۵۸۷/۲ (برخوار) تا ۶۱۷/۸ (شهرضا) متر مکعب متغیر بود، اما تفاوت معنی‌داری از این نظر نداشتند. برخی از مطالعات نیاز مرحله ابتدایی رشد زیره را ۶۱ میلی‌متر گزارش کرده‌اند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (Bondok and EL-sharkawy, 2014). به هر صورت این مرحله از رشد در اکثر مناطق کشت استان اصفهان به‌ویژه در کشت‌های زودهنگام مصادف بازمانی است که نیاز تبخیر و تعرق پایین است (از بهمن تا اسفندماه) (Alinian and Razmjoo, 2014). طبیعتاً ارقام دیررس زیره در مراحل مختلف رشد نیاز آبی بیشتری دارند. باوجود تفاوت بین اکوتیپ‌های زیره ، اولین مرحله از رشد که در کشت پاییزه زیره ممکن است با تنش کمبود آب مواجه شود مرحله ابتدایی رشد (جوانه‌زنی و استقرار اولیه) است و تعیین نیاز آبی این مرحله به‌ویژه برای دیم‌کاری این گیاه ضروری است (Kafi *et al*., 2006).

بیشترین نیاز آبی محصول زیره مربوط به مرحله توسعه رشد (۱۰ درصد پوشش تا پوشش کامل زمین) است. در این مرحله حداقل نیاز آبی محصول زیره در شهرستان‌های گلپایگان (۱۵۷۷/۸ متر مکعب)، لنجان (۱۶۰۲/۹ متر مکعب)، تیران و کرون (۱۵۹۰/۸ متر مکعب) و شاهین و شهر و میمه (۱۶۳۴/۹ متر مکعب) مشاهده شد و این شهرستان‌ها تفاوت معنی‌داری از این نظر نداشتند (شکل ۴). حداکثر نیاز آبی محصول زیره در مرحله توسعه رشد در شهرستان آران و بیدگل (۲۱۵۱/۳ متر مکعب) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شهرستان‌های نائین، اردستان و خور و بیابانک نداشت (شکل ۴). در سایر شهرستان‌های موردمطالعه نیاز آبی مرحله توسعه زیره در دامنه‌ای از ۱۶۵۱ تا ۱۸۸۳/۹ متر مکعب در تغییر بود. مرحله توسعه گیاه اگرچه ازنظر زمانی خیلی طولانی نیست (حدود ۳۰ روز) ولی به دلیل افزایش دما (نیمه دوم فروردین به بعد) سرعت توسعه اندام‌های رویشی زیاد بوده و بنابراین نیاز آبی این مرحله زیادتر از سایر مراحل است (Malekian *et al*., 2009). در برخی از قسمت‌های کشور مصر نیاز مرحله توسعه رشد زیره ۲۱۶/۶ میلی‌متر گزارش‌شده است (Bondok and EL-sharkawy, 2014). تعیین نیاز آبی مراحل مختلف فنولوژیک زیره به‌ویژه در کشت‌های بهاره به دلیل حساسیت این مراحل به تنش خشکی و افت محصول از اهمیت به سزایی برخوردار است (Meshkani *et al*., 2020).

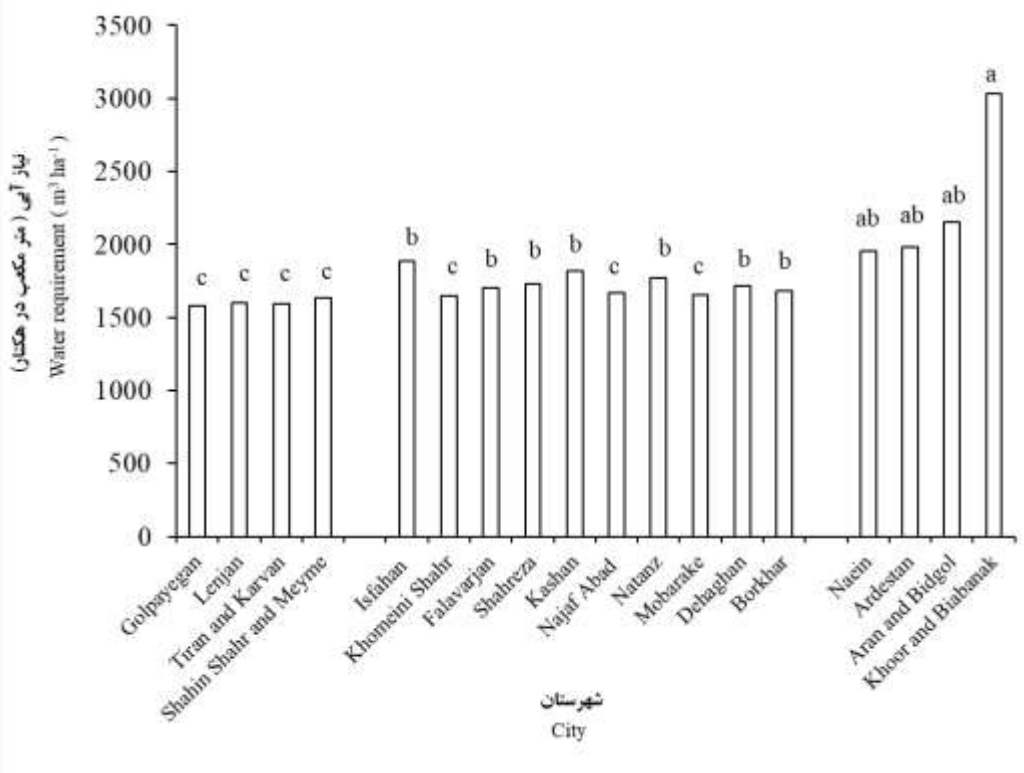


شکل ۳- مقایسه نیاز آبی مرحله ابتدایی رشد فنولوژیک گیاه زیره در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

(حروف مشترک ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۵ درصد).

Figure 3- Comparison of the water requirement of the initial stage of phenological growth of cumin plant in different cities of Isfahan province

Similar letters are not statistically different (Duncan 5%)



شکل ٤– مقایسه نیاز آبی مرحله توسعه رشد فنولوژیک گیاه زیره در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

حروف مشترک ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۵ درصد).

Figure 4- Comparison of the water requirement of the development stage of phenological growth of cumin plant in different cities of Isfahan province

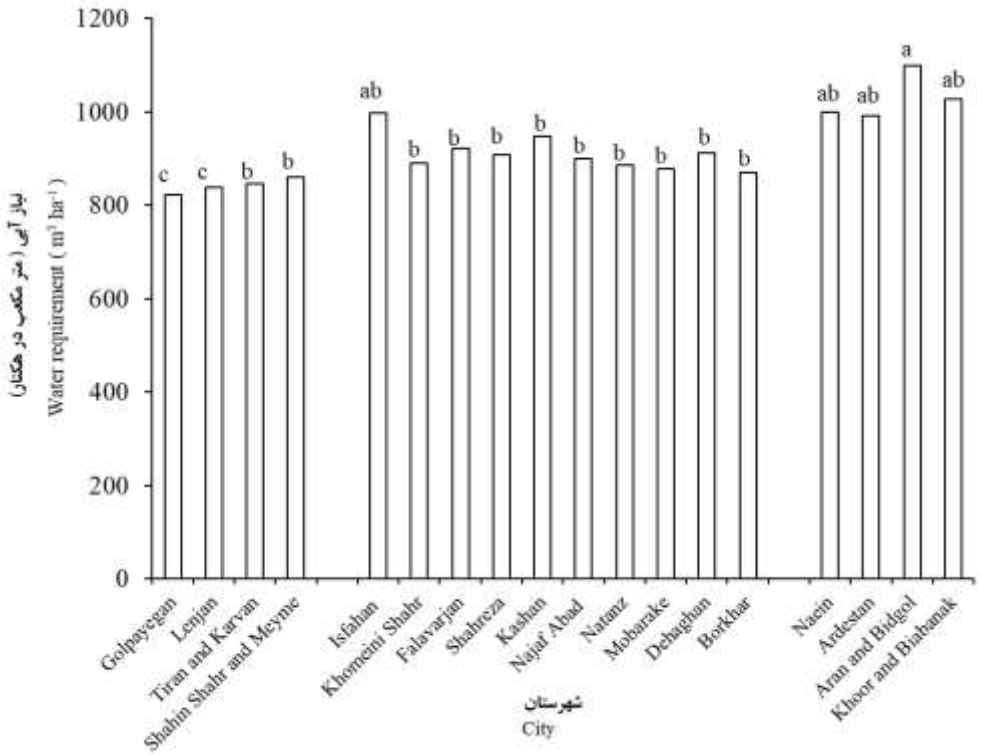
Similar letters are not statistically different (Duncan 5%)

نیاز آبی در مرحله میانی (پوشش کامل زمین تا رسیدگی محصول) حد واسط بین مراحل ابتدایی و توسعه است (شکل ۵). در این مرحله با پوشش کامل زمین توسط اندام‌های هوایی، تبخیر از سطح کاهش می‌یابد. در این مرحله از رشد نیز شهرستان‌های گلپایگان، لنجان، تیران و کرون و شاهین‌شهر و میمه در گروه آماری کمترین نیاز آبی قرار می‌گیرند (نیاز آبی ۸۶۰–۸۲۰ متر مکعب) و شهرستان‌های آران و بیدگل، نائین، اردستان و خور و بیابانک نیز در گروه آماری شهرستان‌های با بالاترین نیاز آبی در مرحله میانی قرار دارند (۱۰۹۰–۹۹۰ متر مکعب). نیاز آبی مرحله میانی سایر شهرستان‌های استان اصفهان نیز در حد واسط این دو گروه قرار دارد (۹۹۰–۸۷۰ متر مکعب). گلدهی و گرده‌افشانی زیره در این مرحله قرار می‌گیرد و تأمین آب در این مرحله از رشد بسیار حائز اهمیت است. عدم تأمین آب کافی در این مرحله از رشد می‌تواند افت چشم‌گیر عملکرد را به همراه داشته باشد (Timachi *et al*., 2020). تنش در این مرحله از رشد گیاه می‌تواند عملکرد دانه را به کمتر از یک‌سوم کاهش دهد (Forouzandeh *et al*., 2015). بااین‌وجود برخی توده‌های محلی زیره (مثل توده جنوب خراسان، توده پارس و توده یزد) شرایط تنش رطوبتی را بهتر از دیگر توده‌ها تحمل می‌کنند (Motamedi-Mirhosseini *et al*., 2011).

درصورتی‌که موارد ذکرشده فوق را در جهت ارائه دستورالعمل کاربردی تجمیع نمائیم، شکل ۶ حاصل می‌شود. در این حالت شهرستان‌های استان اصفهان ازنظر نیاز آبی مراحل مختلف رشد زیره به سه گروه تقسیم می‌شوند. گروه A شامل شهرستان‌های گلپایگان، لنجان، تیران و کرون و شاهین و شهر و میمه می‌شود. در این گروه برای تولید زیره به‌طور متوسط ۳۰۰۰ متر مکعب آب در هر هکتار نیاز است. نیازهای مختلف مراحل رشد (ابتدایی، توسعه و میانی) در گروه A اگرچه کمتر از شهرستان‌های گروه B (شامل شهرستان‌های اصفهان، خمینی‌شهر، فلاورجان، شهرضا، کاشان، نجف‌آباد، نطنز، مبارکه، دهاقان و برخوار) است ولی تفاوت معنی‌داری در این رابطه وجود نداشت (شکل ۶). نیاز آبی محصول زیره به‌طور متوسط در شهرستان‌های گروه B برابر ۳۲۴۰ متر مکعب است. نیاز آبی شهرستان‌های گروه C شامل آران و بیدگل، اردستان، خور و بیابانک

و نائین به‌طور متوسط ۳۷۷۰ متر مکعب در هر هکتار و مراحل توسعه و میانی رشد زیره در این شهرستان‌ها به‌طور معنی‌دار بیش از دو گروه دیگر است (شکل ۶). برآورد نیاز آبی محصولات می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب در شرایط کمبود یا نوسان منابع آبی کمک نماید.

برآورد نیاز آبی در مراحل چهارگانه رشد گیاهانی مثل کلزا (Jalali and Salemi, 2020) و سیب‌زمینی (Jalali and Salemi, 2017) در استان اصفهان انجام‌شده است.



شکل ۵- مقایسه نیاز آبی مرحله میانی رشد فنولوژیک گیاه زیره در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

حروف مشترک ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۵ درصد).

Figure 5- Comparison of the water requirement of the mid stage of phenological growth of cumin plant in different cities of Isfahan province

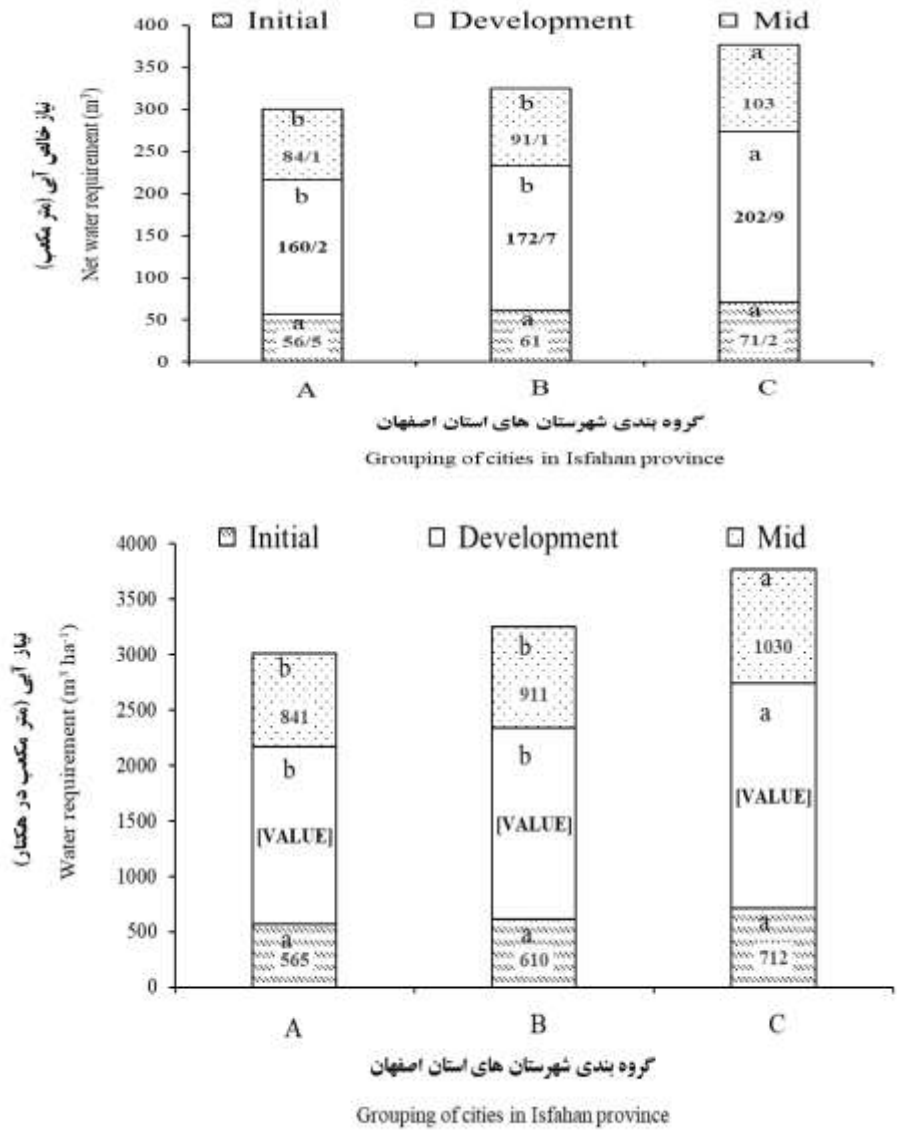
Similar letters are not statistically different (Duncan 5%)

نتیجه‌گیری

با توجه به محدودیت منابع آبی در استان اصفهان توجه به تولید محصولاتی با نیاز آبی کم امری ضروری است. زیره یکی از محصولاتی است که دارای پتانسیل قابل‌توجه در این زمینه بوده و می‌تواند جایگاه مناسبی در تناوب‌های زراعی داشته باشد. پژوهش حاضر نشان می‌دهد نیاز آبی محصول زیره در مناطق مختلف استان از اکثر محصولات زراعی شناخته‌شده (مثل گندم، جو و گلرنگ) پایین‌تر بوده و در ۱۰ شهرستان از ۱۸ شهرستان موردمطالعه صرفه نظر از راندمان انتقال آب، با ۳۲۴۰ مترمکعب در هکتار می‌توان نسبت به کشت زیره اقدام نمود این مقدار در شهرستان‌هایی که آب‌وهوای خنک‌تری دارند حتی به ۳۰۰۰ متر مکعب می‌رسد. حتی در مناطق گرم استان اصفهان (اردستان، نائین، خور و بیابانک و آران و بیدگل) نیز امکان کشت این محصول با مصرف ۳۷۷۰ متر مکعب آب در هر هکتار وجود دارد. نکته قابل‌توجه دیگر این است که مقادیر آب ذکرشده برای دستیابی به حداکثر عملکرد بوده و گیاه زیره درصورتی که با تنش‌های رطوبتی احتمالی نیز مواجه شود محصول اقتصادی قابل قبولی خواهد داشت. سهولت انبارداری بذر تولیدی، قابلیت صادرات و مصارف دارویی از محاسن دیگر کشت این محصول است. البته توسعه کشت این گیاه منوط به توجه به ارائه ماشین‌های کاشت و برداشت مناسب و همچنین در نظر گرفتن مقاصد صادراتی برای این محصول است.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مدیریت آب‌وخاک سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان برای همکاری و تأمین اعتبار لازم جهت این پژوهش سپاسگزاری نمایند.



شکل ٦– مقایسه نیاز آبی مراحل مختلف رشد گیاه زیره در سه گروه از شهرستان‌های استان اصفهان

حروف مشترک در بخش‌های هم‌رنگ در ستون‌های مختلف ازنظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (دانکن ۱ درصد).

Figure 6- Comparison of water requirement of different growth stages of cumin plant in three groups of cities in Isfahan province

Similar letters in the same colored sections in different columns are not statistically significant (Duncan 1%)

منابع

1. Alinian, S., & Razmjoo, J. (2014). Phenological, yield, essential oil yield and oil content of cumin accessions as affected by irrigation regimes. *Industrial Crops and Products, 54,* 167-174. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.028
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. NO. 56, Rome, Italy. https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm
3. Allen, R.G., Pereira, L.S., Smith, M., Raes, D., & Wright, J.L. (2005). FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131,*

2–13. https://doi.10.1061/(ASCE)0733-9437(2005)131:1(2)
Bondok, M.Y., & EL-sharkawy, A.F. (2014). Management of sprinkler irrigation system for cumin in old valley. *Egyptian Journal of Agricultural Research, 92*(3), 1047-1062. https://doi.org/10.21608/ejar.2014.156442
5. Dehaghi, M.A., & Mollafilabi, A. (2009). Production technology for cumin (*Cuminum cyminum* L.) on the basis of research findings. In International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM2009 853 (pp. 83-92). https://doi.org/10.17660/actahortic.2010.853.9
6. Forouzandeh, M., Karimian, M.A., & Mohkami, Z. (2015). Effect of drought stress and different types of organic fertilizers on yield of cumin components in Sistan region. *European Journal of Medicinal Plants*, *5*(1), 95. https://doi.org/10.9734/ejmp/2015/12564
7. Ghaffari, A., Ghasemi, V.R., & Pauw, E.D. (2015). Agro-Climatically Zoning of Iran by UNESCO approach. *Dryland Agriculture* 1:64-95. (In Persian). https://doi.org/10.4060/cb8302en
8. Jalali, A.H., Salemi, H.R., Nikouei, A., Gavangy, S., Rezaei, M., Khodagholi, M., & Toomanian, N. (2017). Determination of water requirement for potato in different climates of Isfahan province *Applied Research in Field Crops*, *30*(4), 53-73. (In Persian). https://doi.org/10.22092/AJ.2018.116108.1210
9. Jalali, A.H., & Salemi, H.R. (2020). Estimation of net water requirement of different phenological stages of canola in Isfahan province. *Journal of Water and Soil*, *34*(4), 781-795. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JSW. V34I4.81248
10. Johri, R.K. (2011). *Cuminum cyminum* and *Carum carvi*: An update. *Pharmacogn Rev*iew, *5*(9), 63–72. https://doi.org/10.4103/0973-7847.79101
11. Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., & Nassiri, M. (2006). *Cumin* (*Cuminum cyminum*): *Production and Processing*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781482280531
12. Malekian, A.R.M.E.N., Ghasemi, H., & Ahmadian, A. (2009). Evaluation of the efficiency of CROPWAT model for determining plant water requirement in arid regions. *Desert*, *14*(2), 209-215. https://jdesert.ut.ac.ir/article _36341_b5506d9 c85 fe0387ce84d4132b117cfa.pdf .
13. Meshkani, J., Kafi, M., Koramdel, S., & Moallem Benhangi, F. (2020). Effect of intercropping ratios of cumin (*Cuminum cyminum* L.) with Persian Shallot (*Allium altissimum* Regel.) on their agronomic criteria and land equivalent ratio. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *18*, 181-196. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v18i2.73256
14. Motamedi-Mirhosseini, L., Mohammadi-Nejad, G., Bahraminejad, A., Golkar, P., & Mohammadinejad, Z. (2011). Evaluation of cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces under drought stress based on some agronomic traits. *African Journal of Plant Science*, *5*(12), 749-752. https://doi.org/10.5897/ajps11.227
15. Rajput, R.P.S., Paramakrishnan, N., & Gangadharappa, H.V. (2021). Cumin (*Cuminum cyminum* L.) seed. in oilseeds: Health attributes and food applications (pp. 507-516). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_20
16. Saeedinia, M., Tarnian, F., Hosseinian, H., & Nasrollahi, A. (2018). Estimation of the evapotranspiration and crop coefficient of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and Cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Khorram Abad region. *Water and Irrigation Management*, *8*(1), 165-175. (In Persian). https://10.22059/JWIM.2018.257143.610
17. Singh, R.P., Gangadharappa, H.V., & Mruthunjaya, K. (2017). *Cuminum cyminum*–A popular spice: An updated review. *Pharmacognosy Journal*, *9*(3), 292-301. https://doi.org/10.5530/pj.2017.3.51
18. Timachi, F., Armin, M., Jamimoeini, M., & Abhari, A. (2020). Physiological response of cumin to times and type of stress modulator in rain-fed and irrigated conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, *67*, 1163-1172. https://doi. org/10.1134/S1021443720060175
19. Trend Economy. (2021). Merchandise Exports by Country. Seeds of anise, badian, fennel, coriander, cumin or caraway, juniper. Iran. https://trendeconomy.com/data /h2/Iran/0909